

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-43285

(P2003-43285A)

(43) 公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/13

6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

テーム(参考)

M 2 H 0 4 7

F

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-228260(P2001-228260)

(22) 出願日 平成13年7月27日 (2001.7.27)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 浜田 英伸

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100092794

弁理士 松田 正道

Fターム(参考) 2H047 KA04 KA15 KB06 LA01 LA18

MA03 MA05 PA28 RA00 TA33

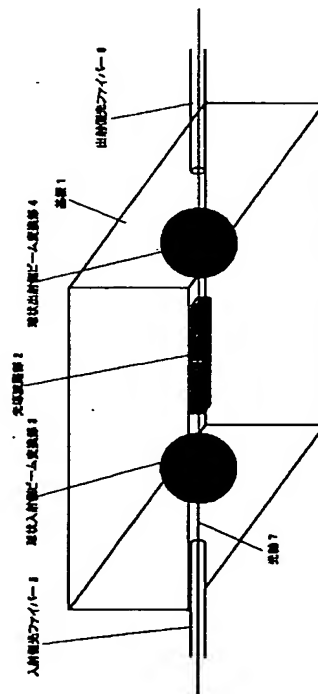
TA34

(54) 【発明の名称】 光デバイスの製造方法および光デバイス

(57) 【要約】

【課題】 部品点数を増やさず、容易な方法で光ファイバーと光導波路の結合および良好な光軸合わせを達成する。

【解決手段】 所定の屈折率を有する基板1と、基板の一部を置換し、前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で構成される光導波路部2と、前記光導波路部の入射側と出射側の両側に位置し、前記基板の一部を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で置換して作製される、前記基板との境界面に有限の曲率半径を有するビーム変換部3、4とを少なくとも備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、少なくとも、第 1 の光学部品に対応する第 1 の凹部と、第 2 の光学部品に対応する第 2 の凹部とを形成する工程と、

前記第 1 の凹部と第 2 の凹部とに、流動性のある材料を充填し、前記第 1 の光学部品と前記第 2 の光学部品とを形成する工程とを備え、

前記第 1 の凹部と第 2 の凹部との位置関係は、前記形成された第 1 の光学部品および第 2 の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法。

【請求項 2】 第 1 の基板部材上に、少なくとも、第 1 の光学部品の一部に対応する第 1 の凹部と、第 2 の光学部品の一部に対応する第 2 の凹部とを形成する工程と、第 2 の基板部材上に、少なくとも、前記第 1 の光学部品の残りの一部に対応する第 3 の凹部と、前記第 2 の光学部品の残りの一部に対応する第 4 の凹部とを形成する工程と、

前記第 1 の凹部、前記第 2 の凹部、前記第 3 の凹部、前記第 4 の凹部に、流動性のある材料を充填する工程と、前記材料がそれぞれ充填された前記第 1 の基板部材と前記第 2 の基板部材とを接合し、前記第 1 の光学部品と前記第 2 の光学部品とを形成する工程とを備え、前記第 1 の凹部と第 2 の凹部との位置関係および前記第 3 の凹部と第 4 の凹部との位置関係は、前記形成された第 1 の光学部品および第 2 の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 および／または第 2 の凹部は、それらのうち少なくとも一つは閉空間であって、前記閉空間は、外部から前記流動性のある材料を充填するための通路を有している請求項 1 に記載の光デバイスの製造方法。

【請求項 4】 所定の屈折率を有する基板部材内に、第 1 の光学部品と第 2 の光学部品とにそれぞれ対応する第 1 の 3 次元領域と第 2 の 3 次元領域とに成形光を照射して、前記基板部材の屈折率を変えることにより、前記第 1 の光学部品および前記第 2 の光学部品を形成する工程を備え、

前記第 1 の 3 次元領域と第 2 の 3 次元領域との位置関係は、前記形成された第 1 の光学部品および第 2 の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法。

【請求項 5】 前記成形光は、前記 3 次元領域上に焦点を有する非平行光であって、前記基板部材は、前記焦点において、その屈折率が変わる請求項 4 に記載の光デバイスの製造方法。

【請求項 6】 前記成形光は、前記 3 次元領域上に交点を有する複数の光であって、前記交点は、前記複数の光が重なりあって、その重なり合った光のそれぞれの振幅がピークを有する位置であって、前記基板部材は、前記位置において、その屈折率が変わる請求項 4 に記載の光

デバイスの製造方法。

【請求項 7】 前記第 1 の光学部品または前記第 2 の光学部品の少なくとも一つは、光導波路である請求項 1、2 または 4 のいずれかに記載の光デバイスの製造方法。

【請求項 8】 前記第 1 の光学部品または前記第 2 の光学部品の少なくとも一つは、光を収束させる光収束素子である請求項 1、2 または 4 のいずれかに記載の光デバイスの製造方法。

【請求項 9】 複数の光学部品と、前記複数の光学部品が配置された基板とを備え、

前記複数の光学部品は、前記基板内に隙間無く密着して配置されており、前記複数の光学部品は、互いに光軸が一致している光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信に使用される光分波器や光合波器などの光導波路等を含む光デバイスの製造方法および光デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】レンズを使用せず光ファイバーと結合する光導波路の従来例 1 を図 12 に、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路の従来例 2 を図 13 に示す。

【0003】初めに、レンズを使用せず光ファイバーと結合する光導波路は、図 12 に示すように、基板 121 と、基板 121 の一部を基板 121 よりも屈折率の高い材料で置換して構成された光導波路部 2 と、光導波路部 2 の入射端と入射光側光ファイバー 5、および光導波路 2 の出射端と出射光側光ファイバー 6 とをそれぞれ直接光軸合わせする構成を有し光ファイバー 5、6 と光導波路 2 との間で光が漏れないように光ファイバー 5、6 の端面と、と光導波路 2 の端面とを密着させる。

【0004】次に、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路は、図 13 に示すように、基板 121 と、基板 121 と、基板 121 の一部を基板 121 よりも屈折率の高い材料で置換して構成された光導波路部 2 と、光導波路部 2 の入射側と出射側にそれぞれ入射側レンズ 122、出射側レンズ 123 をそれぞれ配置し、入射側レンズ 122 と入射光側光ファイバー 5、および出射側レンズ 123 と入射光側光ファイバー 6 とを光軸合わせする構成を有し、前記光ファイバーから発散するビームを前記光導波路に収束するようにビーム変換する。

【0005】しかし、従来例 1 の、レンズを使用せず光ファイバーと結合する光導波路は、光導波路部 2 の入射側では入射側光ファイバー 5 から発散する光を光導波路部 2 に結合し、光導波路部 2 の出射側では光導波路部 2 から発散する光を出射側光ファイバー 6 に結合させるので、それぞれの結合部での結合ロスが大きく、また、光ファイバー 5、6 と光導波路部 2 との間の距離によって光の発散度が大きく変動するので安定した結合を取るこ

10

20

30

40

50

とができない。

【0006】一方、従来例2の、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路は、光ファイバー5、6と光導波路部2との安定した結合は容易にとることができるが、レンズという光学部品が増えることと、光ファイバー5、6とレンズ122、123と光導波路部2との3個の光学部品の光軸調整が必要となる。

【0007】後者の光軸調整に関しては、予め光導波路2とレンズ122、123との光軸調整をしておき、その場所にレンズ122、123を配置するための配置部を基板121に設ければよいが、レンズ122、123は別構成の部材を後に光導波路2とともに基板121に設置する必要があり、その際接合による歪みや接着材により光軸が変化する恐れがあり、さらなる微調整を必要とし、光軸調整の困難さを解消することはできなかった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の方法において、レンズを使用せず光ファイバーと直接結合する光導波路は、光導波路の入射側では光ファイバーから発散する光を光導波路に結合し、光導波路の出射側では光導波路から発散する光を光ファイバーに結合させるので、それぞれの結合部での結合ロスが大きく、また、光ファイバーと光導波路との間の距離によって光の発散度が大きく変動するので安定した結合を取ることができない。

【0009】また、レンズを使用して光ファイバーと結合する光導波路は、光ファイバーと光導波路が容易になるがレンズという光学部品が増えることと、光ファイバーとレンズと光導波路の3個の光学部品の間の光軸調整がそれぞれ必要となり、基板上にて予め光軸調整を行って配置するようにしても、さらに微調整するなどの必要があり、作業性が悪いという不具合がある。

【0010】本発明は、従来の光導波路の課題を考慮し、部品点数を増やさず、容易な方法で発散光を収束光に変換し、光ファイバーと光導波路の結合を確実かつ容易に得られる光デバイスの製造方法および光デバイスを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、第1の本発明（請求項1に対応）は、基板上に、少なくとも、第1の光学部品に対応する第1の凹部と、第2の光学部品に対応する第2の凹部とを形成する工程と、前記第1の凹部と第2の凹部とに、流動性のある材料を充填し、前記第1の光学部品と前記第2の光学部品とを形成する工程とを備え、前記第1の凹部と第2の凹部との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法である。

【0012】また、第2の本発明（請求項2に対応）

は、第1の基板部材上に、少なくとも、第1の光学部品の一部に対応する第1の凹部と、第2の光学部品の一部に対応する第2の凹部とを形成する工程と、第2の基板部材上に、少なくとも、前記第1の光学部品の残りの一部に対応する第3の凹部と、前記第2の光学部品の残りの一部に対応する第4の凹部とを形成する工程と、前記第1の凹部、前記第2の凹部、前記第3の凹部、前記第4の凹部に、流動性のある材料を充填する工程と、前記材料がそれぞれ充填された前記第1の基板部材と前記第2の基板部材とを接合し、前記第1の光学部品と前記第2の光学部品とを形成する工程とを備え、前記第1の凹部と第2の凹部との位置関係および前記第3の凹部と第4の凹部との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法である。

【0013】また、第3の本発明（請求項3に対応）は、前記第1および/または第2の凹部は、それらのうち少なくとも一つは閉空間であって、前記閉空間は、外部から前記流動性のある材料を充填するための通路を有している第1の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0014】また、第4の本発明（請求項4に対応）は、所定の屈折率を有する基板部材内に、第1の光学部品と第2の光学部品とにそれぞれ対応する第1の3次元領域と第2の3次元領域とに成形光を照射して、前記基板部材の屈折率を変えることにより、前記第1の光学部品および前記第2の光学部品を形成する工程を備え、前記第1の3次元領域と第2の3次元領域との位置関係は、前記形成された第1の光学部品および第2の光学部品の光軸が一致するようになっている光デバイスの製造方法である。

【0015】また、第5の本発明（請求項5に対応）は、前記成形光は、前記3次元領域上に焦点を有する非平行光であって、前記基板部材は、前記焦点において、その屈折率が変わる第4の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0016】また、第6の本発明（請求項6に対応）は、前記成形光は、前記3次元領域上に交点を有する複数の光であって、前記交点は、前記複数の光が重なりあって、その重なり合った光のそれぞれの振幅がピークを有する位置であって、前記基板部材は、前記位置において、その屈折率が変わる第4の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0017】また、第7の本発明（請求項7に対応）は、前記第1の光学部品または前記第2の光学部品の少なくとも一つは、光導波路である第1、第2、第4のいずれかの本発明の光デバイスの製造方法である。

【0018】また、第8の本発明（請求項8に対応）は、前記第1の光学部品または前記第2の光学部品の少なくとも一つは、光を収束させる光収束素子である第1、第2、第4のいずれかの本発明の光デバイスの製造

方法である。

【0019】また、第9の本発明（請求項9に対応）は、複数の光学部品と、前記複数の光学部品が配置された基板とを備え、前記複数の光学部品は、前記基板内に隙間無く密着して配置されており、前記複数の光学部品は、互いに光軸が一致している光デバイスである。

【0020】また、第10の本発明は、前記第1の光学部品は光導波路であって、前記第2の光学部品は、外部から入射される光を前記光導波路へ収束させる入射光収束素子と、および前記光導波路から出射される光を、前記光デバイスと接続される外部の第3の光学部品へ収束させる出射光収束素子とを有する第1、第2または第4のいずれかの光デバイスの製造方法である。

【0021】また、第11の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、前記光の入射側と出射側の少なくとも一方に、前記光の進行方向に対して垂直な面上の少なくとも1方向に有限の曲率半径を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0022】また、第12の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、光の入射側および出射側に、前記光の進行方向に対して垂直な面上のいずれの方向にも無限の曲率半径を有するとともに、2以上の屈折率を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0023】また、第13の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子の光軸方向に配置された複数の副光学素子を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0024】また、第14の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子の光軸方向に配置された複数の副光学素子を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0025】また、第15の本発明は、前記入射光収束素子または前記出射光収束素子は、光の進行方向に対して垂直な少なくとも1方向において、前記光導波路の光軸点を最大点とする屈折率分布を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0026】また、第16の本発明は、前記光導波路の光出射側は少なくとも2つに分岐しており、前記出射光収束素子は、前記分岐した光出射側の少なくとも一つに設けられている第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0027】また、第17の本発明は、前記光導波路の光入射側は少なくとも2つに分岐しており、前記入射光収束素子は、前記分岐した光入射側の少なくとも一つに設けられている第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0028】また、第18の本発明は、前記光導波路

は、互いに異なる屈折率を有する複数の部分を有する第10の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0029】また、第19の本発明は、前記互いに異なる屈折率を有する複数の部分は、前記光導波路の光軸に沿って規則的な周期を持って配列される第18の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0030】また、第20の本発明は、前記互いに異なる屈折率を有する複数の部分の一部は、規則的な構成を有する、さらに互いに異なる屈折率を有する部分である第18の本発明の光デバイスの製造方法である。

【0031】以上のような本発明は、その一例として、所定の屈折率を有する基板と、前記基板の一部を置換し、前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で構成される光導波路部と、前記光導波路部の入射側と出射側の両側に位置し、前記基板の一部を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で置換して作製される、前記基板との境界面に有限の曲率半径を有するビーム変換部と、前記基板と一体化され、前記入射側ビーム変換部と出射側ビーム変換部と結合される光ファイバーを位置決めする溝で構成される。

【0032】したがって、光ファイバーあるいは光導波路からの発散光を収束光に変換するビーム変換部が、前記光導波路と同一の基板に作製することで、前記ビーム変換部と光導波路はあらかじめ光軸合わせされるように設計され、光ファイバーと光導波路とビーム変換部を有する基板を位置決めするとともに、光学部品の微調整や設置時の誤差の発生を抑えることで、光ファイバーと光導波路との結合を確実かつ容易にできる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0034】（第1の実施の形態）本発明の第1の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図1に示すように、所定の屈折率を有する基板1と、基板1の一部を基板1よりも大きな屈折率を有する材料で直線状に置換して作製する光導波路部2と、光導波路部2の入射側と出射側に、基板1の一部を基板1よりも大きな屈折率を有する材料を球状に置換して作製する球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4と、前記基板と一体化され、球状入射側ビーム変換部3と球状出射側ビーム変換部4と結合される入射側光ファイバー5および出射側光ファイバー6を位置決めする溝（図示せず）で構成される。

【0035】球状のビーム変換部は、入射側光ファイバー5または出射側光ファイバー6を光導波路部2とビーム変換部を有する基板1の入射端面に突き合わせた時に、入射側光ファイバー5および出射側光ファイバー6と光導波路部2とが最適結合できるように位置と曲率半径と置換する材料の屈折率を決める。

【0036】基板1と球状入射側ビーム変換部3、球状

10

20

30

40

50

出射側ビーム変換部4との間の屈折率差が小さい時は、ビーム変換部の曲率半径を如何にしても最適結合を取れないが、可能な限り結合が取れるように屈折率と曲率半径を調整する。また、球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4の屈折率と形状(曲率半径)は、互いに必ずしも一致しなくてもよい。

【0037】本発明の光デバイスの製造方法の一例である、光導波路とビーム変換部の作製方法を、図14(a)、図15を参照して、以下に説明する。

【0038】(1) 図14(a)に示すように、あらかじめ基板となる部材(ガラス基板200)に、本発明の第1の凹部および第2の凹部となる光導波路部2と球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4

(ビーム変換部)の形状の空洞を作製する。これは、図14(a)の(ア)、(イ)に示すように、ガラス基板200に、光導波路部2と半球状入射側ビーム変換部3'、半球状出射側ビーム変換部4'(ビーム変換部)の形状を有する金型210を押圧することにより行う。

(ウ)に示すように、金型210を剥離したガラス基板200には、光導波路部2と半球状入射側ビーム変換部3'、半球状出射側ビーム変換部4'の形状の空洞が形成されているから、ここに後で所望の屈折率を有する、樹脂220等の流動性の材料を充填する。最後に、

(オ)に示すように、樹脂220が充填されたガラス基板220の主面にもう一枚の平板状のガラス基板230を対向して載置し、圧力を加えて樹脂220を封止して、光導波路とビーム変換部とを一括して成形する。

【0039】上記図14の説明においては、簡単のためにビーム変換部は半球状として示したが、図1に示すような球状のビーム変換部を製造する場合は、空洞に充填される材料は、例えば図4や図6に示すように、基板51の接合面53が接合される前の間隙から注入、充填するようにしてもよいし、基板1の任意の箇所から材料を挿入するための孔を開口し、この孔から材料を充填するようにしてもよい。なお、ここで上記空洞は、本発明の閉空間に相当するものでもあり、接合面53が接合される前の間隙や、材料を挿入するための開口された孔は、本発明の通路に相当するものである。(2) 次に、図15の(ア)~(ウ)に示すように、所定の屈折率の基板300に、光源310からレーザー330を出射させ、レンズ320によりピンポイント照射し、光導波路部2と球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4の形状に相当する三次元領域をスキャンさせて、照射された三次元領域の屈折率を変化させることにより、所望の形状の高屈折率部分を作製する。

【0040】このとき、ピンポイント照射するレーザーは、三次元領域上において基板の組成を変化させるために、非平行光である一本の円錐状の光であって、焦点を結ぶ領域以外では基板の組成に変化を与えず、焦点において所定の温度以上に達すると、基板の屈折率が変わる

ようなものであればよく、この焦点が三次元領域上をスキャンするようにすればよい。

【0041】また、レーザーの他の例としては、複数の光であって、それぞれの光一本では基板の屈折率に変化を与えず、各光の交点において、各光が同相となって振幅のピークが一致すると、基板の屈折率が変わるようなものであればよく、この焦点が三次元領域上をスキャンするようにすればよい。なお、ここでレーザーは、本発明の成形光の一例であるが、成形光はレーザーに限定するものではなく、特定波長の紫外線や赤外線などの非レーザー光であっても良い。

【0042】このように、本実施の形態によれば、基板1に所定の空洞を形成し、この空洞を屈折率の異なる材料にて充填した部分、もしくはレーザー照射によって基板1の一部の組成を変え、基板より高い屈折率を有する部分を作成した部分を用いて、これら充填部または作成された部分を光導波路2および球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4とすることにより、基板1を含むビーム変換機能付光導波路は、外部から完成したレンズや他のビーム変換部といった光学部品を別途配置する場合に必要な光軸の微調整や、配置の際に用いる接着剤等に基づく光軸あわせの誤差を排除して、より容易且つ正確な光軸あわせを行うことが可能となる。

【0043】また、上記の実施の形態において、球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4は、それぞれ本発明の光収束素子、入射光収束素子、出射光収束素子に相当するビーム変換部の一例であるであるが、ビーム変換部の形状については、下記のようなものも可能である。(a)光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限な曲率半径を有するもの。例えば、少なくとも1方向に有限な曲率半径を持つ場合は、円筒形もしくは半円柱等の形状となる。(b)図2に示す、入射側ビーム変換部21、出射側ビーム変換部22のように、光軸7に直交する面において、無限の曲率半径(平面)しか持たない場合で、ビーム変換部の屈折率が2以上で、光ファイバーとビーム変換部と光導波路部2の各端面が密着している。媒質中を透過する光は屈折率が低いものから高いものに入るとき、より大きく屈折するため、入射側光ファイバー5から入射した光は、入射側光ファイバー5と入射側ビーム変換部21との間で、光軸7から広がるような光路をとり、光導波路部2との間の光学結合を良好にとることができる。なお、図2に示す例においては、入射側ビーム変換部21、出射側ビーム変換部22は、少なくとも光ファイバーとビーム変換部との間に、それぞれの端面が密着して配置されていればよく、その形状は任意のものであってよい。また、このとき、入射側ビーム変換部21と、出射側ビーム変換部22とは、同一の厚み、同一の屈折率、同一の形状にて作成されるのが、結合ロスが最も少なくなり望ましい。

(c)図3に示す、縦列球形入射側ビーム変換部31、

縦列球形出射側ビーム変換部32のように、光軸7上に複数の球状、あるいは光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限の曲率半径を有するビーム変換部が縦列する。この場合は、一個のビーム変換部だけでは所望の収束光が得られない場合に有効である。図においては球状であるとしたが、光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限の曲率半径を有するものとしては、(a)にて説明したような、円柱や曲線を含んだ柱の形状であればよい。また、本発明の副光学素子に相当する複数のビーム変換部は、配置が光軸7と平行な縦列を形成しなくとも、入射側光ファイバー5と光導波路部2、または出射側光ファイバー6と光導波路部2との間の結合を良好に保てるものであれば、複数のビーム変換部同士の間の光軸は、光軸7と一致もしくは平行である必要はなく、また、配置も縦列に限定されるものではない。例えば、ジグザグ状に配置されていてもよいし、光軸7を中心とした螺旋状に配置されていてもよい。

(d) 図4に示す、円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42のように、円筒形、あるいは部分的に曲線を有する柱のように、光軸7に直交する面において、いずれかの方向に有限の曲率半径を有するビーム変換部において、光導波路部2の光軸7を中心とした最大屈折率を有するように、例えば図4の縦方向(上基板51-下基板52の方向)に、屈折率分布を持たせる。これは、構造上有限の曲率半径を形成できない場合に有効である。また、図4においては、縦方向のみに屈折率分布を持たせるようにしたが、この縦方向と直交する方向(紙面の奥行きから手前側の方向)、または、GRINレンズのように、光軸7を中心として放射状に屈折率分布を有するような部材をビーム変換部として用いても良い。特に後者の場合、いずれの方向にも曲率半径を有しない、立方体や直方体、角柱のような平面部のみからなる部材を、ビーム変換部として用いることができる。また、このとき、ビーム変換部は、図2に示す例のように、光導波路部2および入射側光ファイバー5または出射側光ファイバー6と密着した構成とすることが可能となる。

【0044】なお、ビーム変換部は、光導波路部2の入射側と出射側の両方に無くてもよく、いずれか一方のみに設けるようにし、他方を従来例1あるいは従来例2のような構成としてもよい。その場合、ビーム変換部が無い側は従来例1のように光導波路部2と光ファイバーが直接接合するようになるか、従来例2のように外部にレンズを介して結合するようになる。

【0045】また、図4に示す円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42を有する場合の製造方法を、図14(b)に示す。基本的には図14(a)と同様であり、図14に示す(ア)、(イ)と同様、ガラス基板200に、光導波路部2と円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円

筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42の形状を有する金型400を押圧し、金型210を剥離することで、ガラス基板200に、光導波路部2と円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42の形状の空洞を形成する。ここで(エ)に示すように、ガラス基板200上の、ビーム変換部以外の部分をマスク420でマスクングして、円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部41、円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部42の形状の空洞内に、屈折率の異なる素材を順に積層するように蒸着を行って、屈折率分布レンズを形成する。

【0046】次に、(オ)に示すように、マスク420を除去して、所望の屈折率を有する、樹脂220等の流動性の材料を光導波路部2に対応する空洞に充填する。最後に、(オ)に示すように、樹脂220が充填されたガラス基板220の主面にもう一枚の平板状のガラス基板230を対向して載置し、圧力を加えて樹脂220を封止して、光デバイスを完成する。

【0047】(第2の実施の形態) 本発明の第2の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図5に示すように、所定の屈折率を有する基板を2枚有する積層体と、前記積層体の上側基板51と下側基板52の接合する2面53を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で直線状に置換して作製する光導波路部2と、光導波路部2の入射側と出射側の両側に、前記積層体の上側基板と下側基板の接合する2面を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で球状に置換して作製する球状入射側ビーム変換部3、球状出射側ビーム変換部4(以下、それぞれビーム変換部3、4と略す)と、前記基板と一体化され、前記入射側ビーム変換部3と出射側ビーム変換部4と結合される入射側光ファイバー5または出射側光ファイバー6(以下、それぞれ光ファイバー5、光ファイバー6と略す)を位置決めする溝(図示せず)で構成される。

【0048】ビーム変換部3、4は、光ファイバー5または6を光導波路部2とビーム変換部3、4を有する基板の入射端面に突き合わせた時に、光ファイバー5または6と光導波路部2が最適結合できるように、その位置と曲率半径と置換する材料の屈折率を決める。

【0049】光導波路部2とビーム変換部3、4の作製方法は、あらかじめ上下の基板51、52にて張り合わせた時に光導波路部2と球状のビーム変換部3、4の外形となるような空洞を作製し、所望の高屈折率材料を上下の基板51、52で挟み込んで所望の位置に固定する。前記高屈折率材料は上下基板51、52で挟み込んだときに光導波路部2およびビーム変換部3、4の形状に変形する程度の粘度を有するものがよい。

【0050】なお、ビーム変換部3、4の形状は、球形以外に、図6に示すように、上下基板51、52の接合面上で光軸7に垂直な方向に対して有限な曲率半径を有

する円筒形入射側ビーム変換部 61、円筒形出射側ビーム変換部 62 でもよい。また、上下基板 51、52 の接合面に垂直な方向の上下いずれかに有限な曲率半径を有する形状、例えば半球や、半分が円柱である 6 面体のような形状でもよい。また、実施の形態 1 にて説明した (a) ~ (d) の特徴を有するものでもよい。

【0051】(第 3 の実施の形態) 本発明の第 3 の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、ビーム変換部の構成を除けば実施の形態 2 と同様であり、図 7 に示すように、所定の屈折率を有する基板を 2 枚有する積層体と、前記積層体の下基板 52 の接合面を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で直線状に置換して作製する光導波路部 2 と、光導波路部 2 の入射側と出射側の両側に、前記積層体の下基板 52 の接合面を含む部分を前記基板よりも大きな屈折率を有する材料で円筒状に置換して作製する円筒形入射側ビーム変換部 71、円筒形出射側ビーム変換部 72 (以下、それぞれビーム変換部 71、72 と略す)、前記基板と一体化され、入射側ビーム変換部 71 と出射側ビーム変換部 72 と結合される入射側光ファイバー 5 または出射側光ファイバー 6 (以下、それぞれ光ファイバー 5、光ファイバー 6 と略す) を固定する入射側 V 溝付き固定部 23 および出射側 V 溝付き固定部 23 とから構成される。ただし、本実施の形態のビーム変換部 71、72 と第 1 の実施の形態の図 2 のビーム変換部 21、22 とは、前者が光軸 7 に平行な面が円形であり、後者が光軸 7 に直交する面が円形である点が異なる。

【0052】ビーム変換部 71、72 は、光ファイバー 5、6 を光導波路部 2 とビーム変換部 71、72 をそれぞれを有する下基板 52 の入射端面または出射端面に突き合わせた時に、光ファイバー 5、6 と光導波路部 2 が最適結合できるように位置と曲率半径と置換する材料の屈折率を決める。

【0053】光導波路部 2 とビーム変換部 71、72 の作製方法は、実施の形態 2 と同様に行われ、あらかじめ上下の基板 51、52 にて張り合わせた時に光導波路部 2 と球状のビーム変換部 71、72 の外形となるような空洞を作製し、所望の高屈折率材料を上下の基板 51、52 で挟み込んで所望の位置に固定する。前記高屈折率材料は上下基板 51、52 で挟み込んだときに光導波路部 2 およびビーム変換部 71、72 の形状に変形する程度の粘度を有するものがよい。

【0054】なお、ビーム変換部の形状は、図 7 に示す円筒以外に図 8 に示す球底面円筒形入射側ビーム変換部 81、球底面円筒形出射側ビーム変換部 82 のように、前記円筒形状の底面に有限の曲率半径を持たせるとなお良い。また、光ファイバが載置される V 溝は、溝で有ればその断面形状によって限定されるものではなく、溝の断面は U 字や凹型など任意のものであってもよい。また、基板の端面であって、光ファイバを挿入できるよ

うな窪みであっても良い。

【0055】(第 4 の実施の形態) 本発明の第 3 の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図 9 の上面図に示すように、光導波路部 2 の途中に合波器 95 を設けた場合で、この場合、光導波路部 2 の入射側には、第 1 の光導波路部入射端 96 および第 2 の光導波路部入射端 97 が、また出射側には 1 個の光導波路部出射端 98 があり、第 1 の光導波路部入射端 96 に対応したビーム変換部 93、第 2 の光導波路部入射端 97 に対応したビーム変換部 94、光導波路部出射端 98 に対応したビーム変換部 4、というように、各端面にそれぞれ最適化されたビーム変換部で構成される。ただし第 1 のビーム変換部 93 は第 1 の入射側光ファイバー 91 に、第 2 のビーム変換部 94 は第 2 の入射側光ファイバー 92 とそれぞれ光学的に結合される。

【0056】なお、本実施の形態は、実施の形態 1 にて説明した (a) ~ (d) の特徴を有するビーム変換機能付光導波路において実現しても良い。

【0057】(第 5 の実施の形態) 本発明の第 5 の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図 10 の上面図に示すように、図 6 に示す実施の形態 2 のビーム変換機能付光導波路において、光導波路部を、2 種類の互いに異なる屈折率を有する材料が光軸 7 に沿って周期的に配置された構造を有する周期構造光導波路部 101 としたもので、2 種類の屈折率材料の屈折率差と周期を調整することで、ビーム変換機能付光導波路に、光フィルターなどの機能をもたせることができる。

【0058】なお、本実施の形態は、図 6 に示す構成の他に、上記実施の形態 1 ~ 4 に示すビーム変換機能付光導波路において実現しても良い。

【0059】(第 6 の実施の形態) 本発明の第 6 の実施の形態によるビーム変換機能付光導波路は、図 11 の上面図に示すように、図 6 に示す実施の形態 2 のビーム変換機能付光導波路において、光導波路部を、その一部が他の部分と異なる屈折率材料の規則的な周期構造を有する材料 (フォトリソグラフィ) で構成された光導波路部 200 としたもので、一様な屈折率部分は、上記第 1 ~ 第 4 の実施の形態と同様、光導波の機能を持ち、フォトリソグラフィ部 111 では、屈折率差と周期構造により各種の分散特性を持ち、偏光子や光フィルターや波長など各種分散補償などの機能を持たせることができる。

【0060】なお、本実施の形態は、図 11 に示す構成の他に、上記実施の形態 1 ~ 4 に示すビーム変換機能付光導波路において実現しても良い。

【0061】また、上記の各実施の形態において、ビーム変換機能付光導波路は、本発明の光デバイスの一例であり、基板 1 と、上基板 51 および下基板 52 とは、本発明の基板に相当し、さらに、上基板 51 は本発明の第 1 の基板部材に、下基板 52 は本発明の第 2 の基板部材にそれぞれ相当する。光導波路部 2、200、合波路部

10

20

30

40

50

95を含む光導波路2、周期構造光導波路部101は本発明の光導波路に相当する。この時光導波路は、まわりのクラッドよりも屈折率が高いコアを有している。また、入射側ビーム変換部3、21、31、41、71、81、93、94は本発明の光収束素子または入力光収束素子に相当し、出射側ビーム変換部4、22、32、42、72、82、は本発明の光収束素子または出力光収束素子に相当する。

【0062】また本発明の光収束素子、入力光収束素子または出力光収束素子の球状の一例である、球状のビーム変換部の形状は、完全な球である必要はなく、回転楕円体や非球面の形状を有してもよい。

【0063】また、本発明の第1、第2の光学部品を含む光学部品は、光導波路や光収束素子以外にも、偏光器、位相器、光フィルタ等であってもよい。要するに、本発明の光学部品は、基板内に隙間無く密着して配置されており、互いに光軸が一致している複数の光学部品であれば、その機能によらず本発明に含まれる。また、基板内において、流動性のある材料を充填することにより形成されたものか、もしくは基板にレーザ等の成形光により形成された光学部品であれば、その機能によらず本発明に含まれる。

【0064】また、上記の各実施の形態においては、基板は所定の屈折率を持つものとして説明を行ったが、本発明の第1の光学部品と、第2の光学部品とが光学的に連結することで、光デバイスが外部から光をうけ、第1の光学部品および第2の光学部品を介して再び外部へ出射できるような構成を有しているもので有れば、基板は光を透過しない材質にてできていても良い。

【0065】

【発明の効果】以上述べたところから明らかなように、本発明は、外部にレンズなどの光学部品の微調整や配置時の誤差を取り除いて、光ファイバーと光導波路の結合が確実かつ容易にできるという効果を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図2】ビーム変換部が無限の曲率半径を有する場合の本発明の第1の実施の形態の概要図である。

【図3】複数のビーム変換部が光軸上に縦列する場合の本発明の第1の実施の形態の概要図である。

【図4】ビーム変換部が屈折率分布を有する場合の本発明の第1の実施の形態の概要図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図6】ビーム変換部が円筒形状である場合の本発明の第2の実施の形態の概要図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態の概要図である。

【図8】ビーム変換部が球状の底面を有する円筒形状で

ある場合の本発明の第3の実施の形態の概要図である。

【図9】本発明の第5の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図10】本発明の第6の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図11】本発明の第7の実施の形態であるビーム変換機能付光導波路の概要図である。

【図12】従来の光導波路の第1例の概要図である。

【図13】従来の光導波路の第2例の概要図である。

【図14】(a)本発明の光デバイスの製造方法を説明するための図である。

(b)本発明の光デバイスの製造方法を説明するための図である。

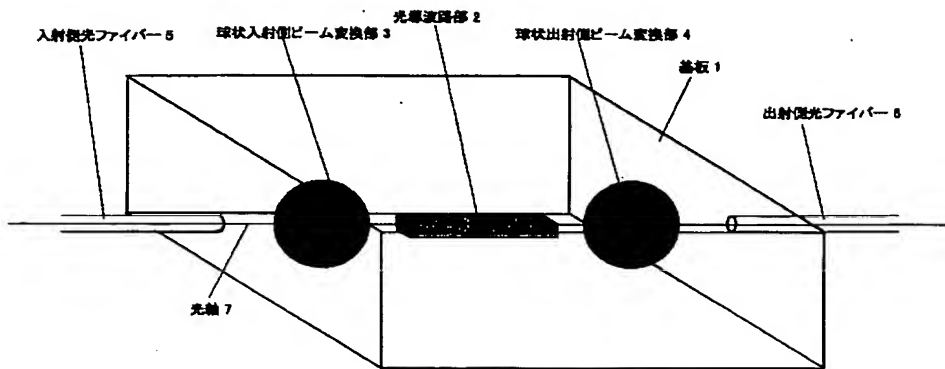
【図15】本発明の光デバイスの製造方法を説明するための図である。

【符号の説明】

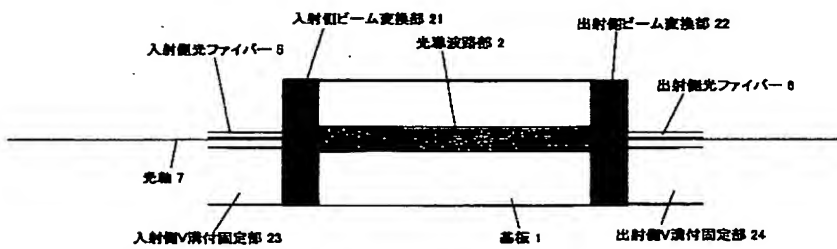
- 1 基板
- 2 光導波路部
- 3 入射側ビーム変換部
- 4 出射側ビーム変換部
- 5 入射側光ファイバー
- 6 出射側光ファイバー
- 7 光軸
- 21 入射側ビーム変換部
- 22 出射側ビーム変換部
- 23 入射側V溝付固定部
- 24 出射側V溝付固定部
- 31 縦列球形入射側ビーム変換部
- 32 縦列球形出射側ビーム変換部
- 41 円筒形屈折率分布入射側ビーム変換部
- 42 円筒形屈折率分布出射側ビーム変換部
- 51 上基板
- 52 下基板
- 53 接合面
- 81 球底面円筒形入射側ビーム変換部
- 82 球底面円筒形出射側ビーム変換部
- 91 第一の入射側光ファイバー
- 92 第二の入射側光ファイバー
- 93 第一の入射側ビーム変換部
- 94 第二の入射側ビーム変換部
- 95 合波部
- 96 第一の光導波路部入射端
- 97 第二の光導波路部入射端
- 98 光導波路部出射端
- 101 周期構造光導波路部
- 102 高屈折率部分
- 103 低屈折率部分
- 104 フォトニック結晶部
- 121 基板
- 122 入射側レンズ

123 出射側レンズ

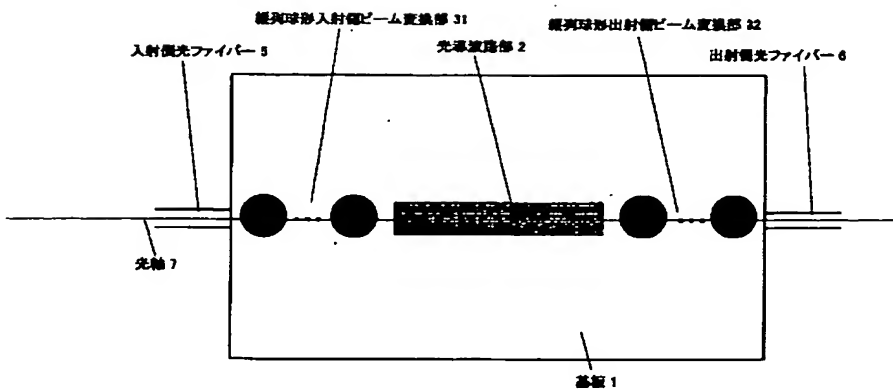
【図1】



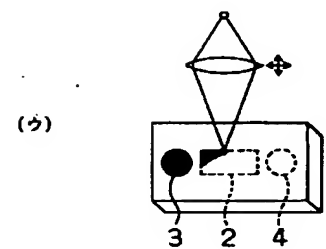
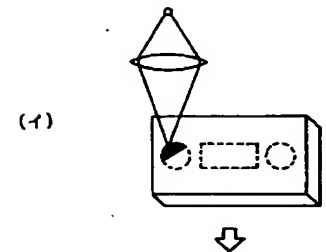
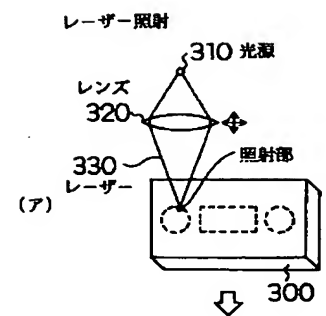
【図2】



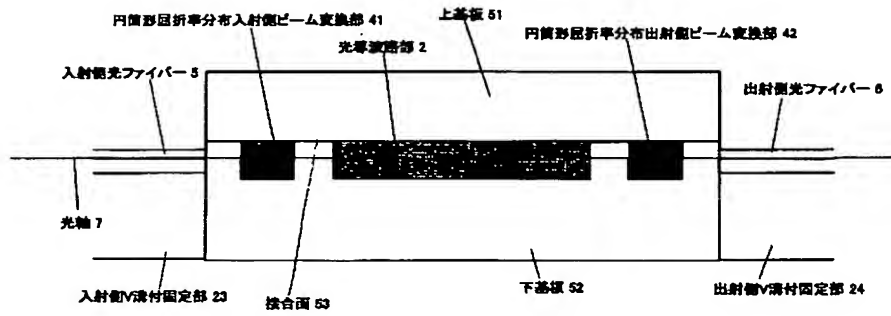
【図3】



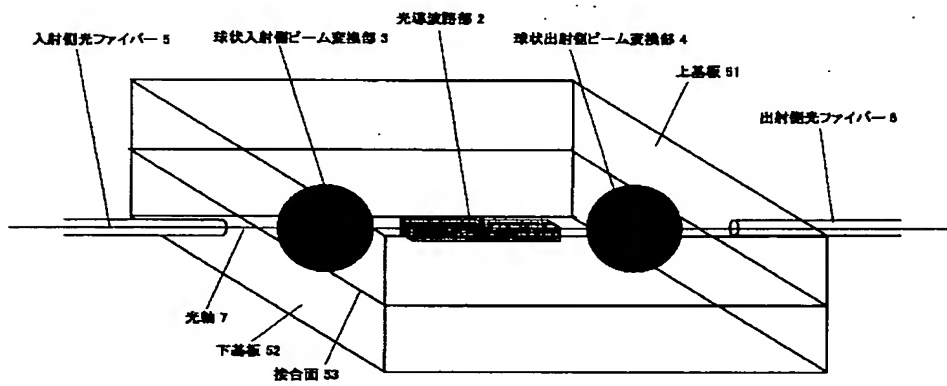
【図15】



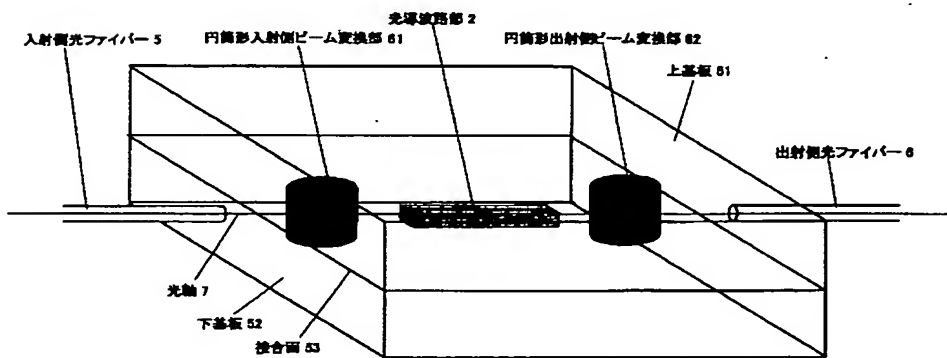
【図4】



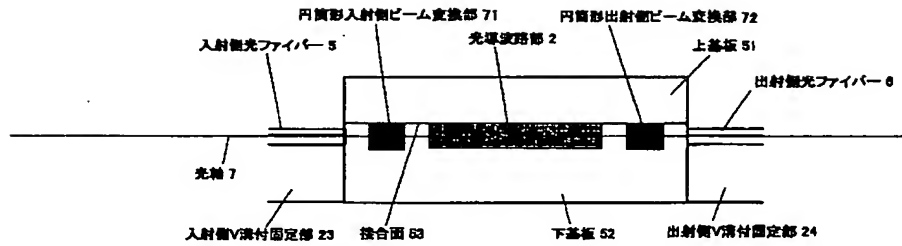
【図5】



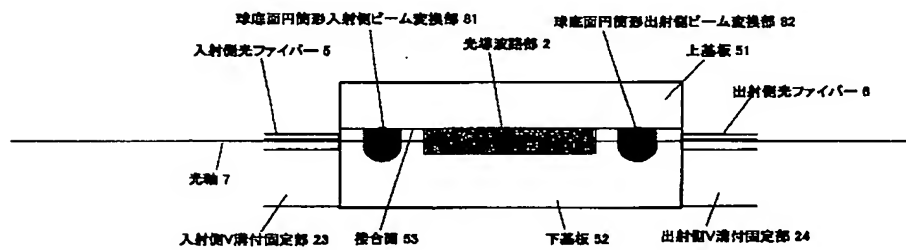
【図6】



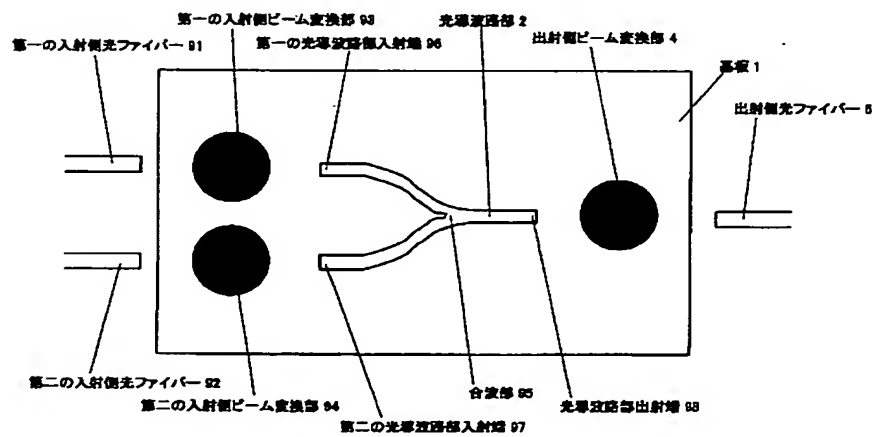
【図7】



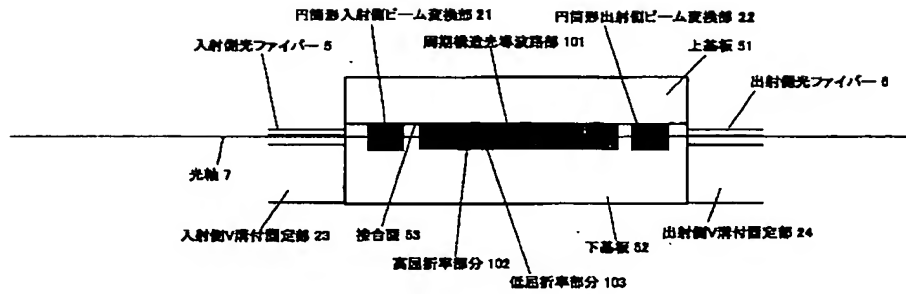
【図8】



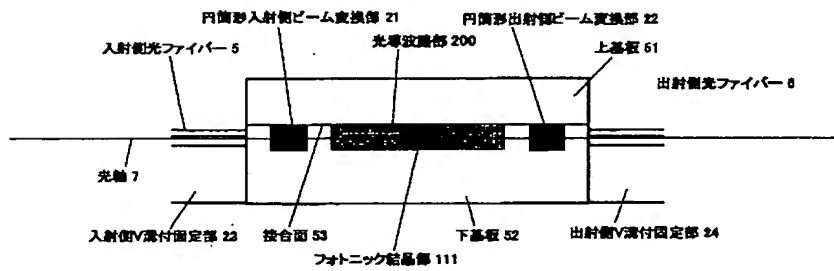
【図9】



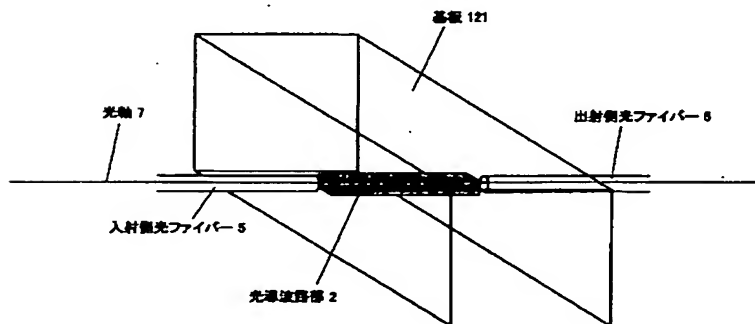
【図10】



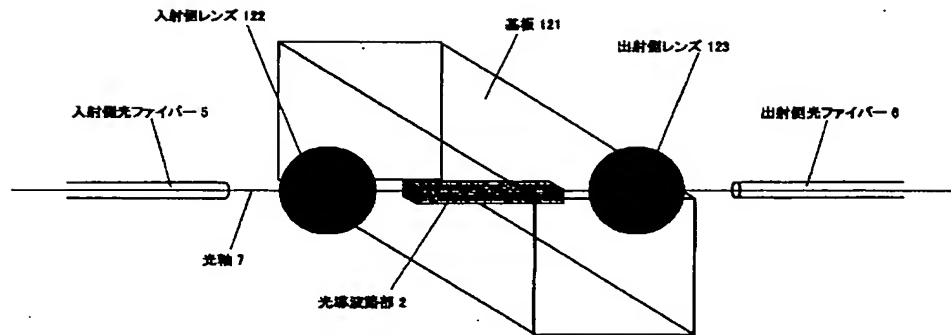
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

